

## Качество воды, разнообразие и структура планктонных сообществ разнотипных водоемов городской зоны

О.В. КОВАЛЕВА, И.Ф. РАССАШКО

### Введение

Исследования проводили в 2007 г. на озерах, расположенных в различных районах г. Гомель – Советском, Центральном, Железнодорожном, Новобелицком. Периодичность наблюдений на 10 озерах составляла 3-4 раза в месяц в течение года. Кроме этого, на двух других водоемах исследования проведены в летний период. Предметом исследований были планктонные сообщества водоемов. Для оценки состояния среды изучали гидрохимические показатели. Сбор и обработку гидробиологических проб проводили стандартными методами [1] с использованием определителей [2-3, др.]. Обработка гидрохимических проб осуществлялась в межрайонной лаборатории аналитического контроля (МЛАК) Гомельской горрайинспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды.

### Материалы и методы исследования

**Волотовские озера** расположены в районе улиц П. Бровки, Каменщикова, Макаенка и Олимпийской. Озера остались после осушения болот и некоторое время имели связь с р. Сож. **Озеро Дедно** является пойменным, оно не утратило связь с коренным руслом р. Сож. В озеро происходит сброс ливневых сточных вод через Прудковский и Хатаевичский коллекторы, которые также принимают стоки нескольких автопредприятий, ОАО «Спартак» и др. **Озеро Шапор** – пойменное, не утратившее связь с коренным руслом р. Сож. Принимает стоки ОАО «Гомельобой», ОАО «Гомельдрев» и двух ливневых коллекторов. **Озеро Любенское** также пойменное, не утратившее связь с коренным руслом р. Сож. Оно расположено в Советском районе г. Гомель в зоне отдыха, используется в рекреационных целях. **Озеро Володькино** возникло в результате расширения коренного русла р. Сож в месте впадения р. Ипуть, с водами которой в озеро поступают сточные воды г. Добруш. Озеро расположено в пригородной зоне отдыха, используется в рекреационных целях. **Озеро Сельмашевское** расположено в крупном промышленном районе города. **Озеро Сетен** расположено в районе д. Поколюбичи, на границе городской зоны. Один из водоемов, где исследования проводили в летнее время, находится в рекреационной зоне микрорайона «Волотова», другой – в зоне отдыха на левом берегу р. Сож (водоем является местом стоянки катеров). Площадь зеркала указанных водоемов составляет 0,10-0,36 км<sup>2</sup>, площадь водосбора – 0,2-2,1 км<sup>2</sup>. Все исследуемые водоемы в той или иной степени испытывают на себе влияние антропогенного фактора. По визуальным наблюдениям необходимо отметить, что большинство водоемов в прибрежной части и на прилегающих территориях загрязнены мусором; на некоторых из них отмечены случаи мойки автомобилей, стирки ковров. Имеет место зарастание водоемов, особенно мелких, макрофитами, на поверхности некоторых обнаружена ряска; дно водоемов в прибрежной зоне часто заиленное.

### Результаты и обсуждение

Показатели гидрохимического режима (средние данные) представлены в таблице 1. В озере Дедно отмечается повышенное содержание взвешенных веществ, в 1,9 раза повышена величина БПК<sub>5</sub>. Превышает ПДК содержание азота нитритного (в 7,5 раза), азота аммонийного (в 2,6 раза), железа, цинка (в 1,2 раза). Наблюдается большая по сравнению с другими

озерами концентрация фосфатов, в 2,4 раза больше концентрация кобальта, снижено содержание растворенного кислорода, на 1-2 порядка выше концентрация азота нитритного. **В озере Шапор** в 2,2 раза повышена величина БПК<sub>5</sub>, в 8,5 раза – концентрация железа, в 3,8 раза – азота аммонийного, в 3 раза – азота нитритного, в 1,1 раза – цинка. Содержание азота аммонийного и нефтепродуктов самое высокое среди всех исследуемых озер, при этом концентрация азота аммонийного на порядок выше. Величина рН близка к минимально допустимой. **В озере Любенское** отмечается превышение концентрации азота нитритного в 2 раза и величины БПК<sub>5</sub> – в 2,9 раза. Концентрация взвешенных веществ – в 1,1–1,3 раза, СПАВ – в 2,9-9,6 раз, а величина БПК<sub>5</sub> в 1,1-2,1 раза выше по сравнению с другими озерами.

Таблица 1 – Результаты гидрохимических исследований

Показатели	Озера									
	Дедно	Шапор	Любенское	Сельмашевское	Волотовское 1	Волотовское 2	Волотовское 3	Волотовское 4	Володькино	Сетен
Взвешенные вещества, мг/л	3,49	3,025	4,035	3,25	3,095	3,625	3,325	3,4	3,55	3,15
Растворенный кислород, мг/л	7,93	10,96	9,66	9,53	9,25	7,75	9,13	9,6	8,12	8,54
БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	4,22	4,98	6,54	4,37	4,67	3,05	5,87	4,48	4,16	4,22
Азот аммонийный, мг/л	1,004	1,462	0,297	0,191	0,222	0,308	0,825	0,492	0,315	0,306
Азот нитритный, мг/л	0,181	0,073	0,049	0,014	0,003	0,018	0,001	0,017	0,021	0,015
Азот нитратный, мг/л	<0,1	0,156	0,147	0,077	0,043	0,165	0,199	<0,1	0,121	0,056
Фосфаты, мг/л	0,332	0,078	0,095	0,078	1,545	0,384	0,052	0,202	0,089	0,094
Железо, мг/л	0,388	0,845	0,079	0,572	0,518	0,041	1,096	0,153	0,216	0,022
Цинк, мг/л	0,012	0,011	0,01	0,0103	0,01	0,0113	0,0109	0,011	0,01	0,01
Кадмий, мг/л	<0,0001									
Кобальт, мг/л	0,024	<0,001								
СПАВ, мг/л	0,091	0,05	0,382	0,04	0,152	0,14	0,143	0,084	0,06	0,08
Хром, мг/л	<0,001							0,0013	<0,001	
Нефтепродукты, мг/л	0,032	0,041	0,041	0,024	0,03	0,038	0,022	0,012	0,032	0,026
Цветность	210	210	220	235	215	230	235	230	225	215
рН	7,42	6,63	7,59	6,63	7,82	7,68	7,3	7,47	7,54	7,81

**Волотовские озера.** В озере 1 – повышена в 5,2 раза концентрация железа, в 2,1 раза – величина БПК<sub>5</sub>, в 1,03 раза – цинка. Содержание фосфатов в 4-30 раз выше, чем в других исследуемых озерах. Озеро 2. Величина цинка повышена в 1,1 раза, БПК<sub>5</sub> – в 1,4 раза при этом, она ниже, чем во всех других озерах. Близки к ПДК концентрации азота аммонийного



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>K. c. hispida</i> (Lauterborn, 1898)									+				
<i>K. c. tecta</i> (Gosse, 1851)		+		+						+	+		+
<i>K. irregularis wartmanni</i> (Asper et hauscher, 1888)												+	+
<i>K. quadrata longispina</i> (Thiebaud)									+				
<i>K. q. quadrata</i> (Muller, 1786)			+	+			+		+	+	+		
<i>Lecane (s.str.) flexilis</i> (Gosse, 1886)	L.	+											
<i>L. (s.str.) inermis</i> (Bryce, 1892)			+					+		+			
<i>L. (s.str.) luna</i> (Muller, 1776)					+								
<i>L. (s.str.) tenuiseta tenuiseta</i> (Harring, 1914)				+				+	+				
<i>L. (Monostyla) bulla bulla</i> (Gosse, 1832)	L. (M.)										+		
<i>L. (M.) hamata</i> (Stokes, 1869)				+									
<i>Polyartra dolichoptera</i> Idelson, 1925	P.			+				+		+			+
<i>P. major</i> Burckhardt, 1900											+		
<i>Platylas quadricornis quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	Pt.		+					+	+	+			
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	S.	+		+				+	+				
<i>Testudinella patina patina</i> (Hermann, 1783)	Ts.												+
<i>Trichocerca (s.str.) capucina</i> (Wierzejski et Zacharias, 1898)	Tr				+								
<i>Tr. (s.str.) cylindrica</i> (Imhof, 1891)											+		
<i>Tr. (s.str.) pusilla</i> (Lauterborn, 1898)				+				+	+	+			+
<i>Tr. (s.str.) rattus</i> (Muller, 1776)													+
<i>Tr. (Diurella) inermis</i> (Wierzejski, 1893)	Tr. (D.)										+		
<i>Trichotria pocillum pocillum</i> (Muller, 1776)	T.									+			
<b>Cladocera:</b>													
<i>Alona. rectangula</i> Sars, 1862	Al.				+	+					+		
<i>Al. quadrangularis</i> (O.F.Muller, 1785)				+	+								
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F.Muller, 1785)	B.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Bunops serricaudata</i> (Daday, 1888)	Bn.												+
<i>Ceriodaphnia affinis</i> Lilljeborg, 1862	Cr.			+							+		
<i>Cr. reticulata</i> (Jurine, 1820)			+		+	+				+			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Cr. quadrangula</i> (O.F.Muller, 1785)													+
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.Muller, 1785)	Ch.	+		+		+			+		+	+	+
<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862	Dp.				+			+	+				
<i>Dp. longispina</i> (O.F.Muller, 1785)				+			+			+			
<i>Dp. pulex</i> Leydig, 1860		+											
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	D.											+	
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	Ds.						+				+		+
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	G.				+								
<i>Macrothrix hiscuticornis</i> Norman et Brady, 1867	Mr.		+				+			+			
<i>Mr. laticornis</i> (Jurine, 1820)				+			+						
<i>Moina brachiata</i> (Jurine, 1820)	Mn.	+							+				
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	Pl.										+		
<i>Pl. striatus</i> Schoedler, 1858							+	+			+		
<i>Pl. trigonellus</i> (O.F.Muller, 1785)				+	+	+							
<i>Pl. truncatus</i> (O.F.Muller, 1785)					+						+		
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linne, 1778)	Pph										+	+	
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F.Muller, 1785)	Sc.			+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F.Muller, 1776)	Sm.			+	+	+	+	+	+		+		
<b>Copepoda:</b>													
<b>Cyclopoida:</b>													
<i>Eucyclops denticulatus</i> (A.Graeter, 1903)	Ec.									+	+		
<i>Ec. serrulatus</i> (Fischer, 1851)				+	+		+		+		+		
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820)	Mc.						+				+		
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	Ms.				+		+		+				+
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	Th.	+	+				+	+	+		+		+
<i>Th. oithonoides</i> (Sars, 1863)			+	+				+			+	+	
Всего		16	17	26	23	18	20	18	23	18	31	7	18

и нитритного. Отмечается самое низкое содержание растворенного кислорода, но его концентрация не находится в допустимых пределах. Озеро 3. В 2,6 раза повышена величина БПК<sub>5</sub>, в 11 раз – концентрация железа, в 2,1 раза – азота аммонийного, 1,1 раза – цинка. В озере отмечается самое высокое содержание железа – в 1,3-27 раз выше по сравнению с другими озерами. Озеро 4. Величина БПК<sub>5</sub> повышена в 2 раза, азота аммонийного – в 1,3 ра-

за, цинка – в 1,1 раза. **В озере Сельмашевское** в 1,9 раза повышена величина БПК<sub>5</sub>, в 8,5 раза – концентрация цинка. Величина рН близка к минимально допустимой. **В озере Володькино** величина БПК<sub>5</sub> повышена в 1,8 раза, железа – в 2,2 раза. Концентрация цинка составляет 1 ПДК. **В озере Сетен** в 1,4 раза повышена величина БПК<sub>5</sub>, достигает 1 ПДК концентрация цинка.

Таким образом, во всех исследуемых озерах отмечается повышенная величина БПК<sub>5</sub>, превышение ПДК по цинку, в большинстве озер – по азоту аммонийному и железу. Наибольшее превышение ПДК загрязняющих веществ наблюдается в озерах, испытывающих выраженный антропогенный пресс – Дедно и Шапор.

Результаты гидробиологических исследований показывают, что в исследуемых водных экосистемах обнаружено 67 видов и вариететов зоопланктона: Rotifera – 40, Cladocera – 21, Sorepoda – 6. Количество обнаруженных в озерах видах составляет 16-31 (таблицы 2, 3, рисунки 1-2). Меньшее количество видов отмечается в озерах, подверженных антропогенному воздействию в виде сброса сточных вод – Дедно (16 видов и вариететов) и Шапор (17).

Таблица 3 – Результаты гидробиологических исследований

Показатели	Озера									
	Дедно	Шапор	Любенское	Сельмашевское	Волотовское 1	Волотовское 2	Волотовское 3	Волотовское 4	Володькино	Сетен
Общее количество видов зоопланктона	16	17	26	23	18	20	18	23	18	31
Индекс видового разнообразия	1,14	1,20	1,43	1,36	1,21	1,37	1,16	1,66	1,27	1,96
Количество доминирующих видов	2	2	3	3	2	3	2	3	2	5
Количество видов и вариететов коловраток	11	12	15	12	7	11	10	16	11	16
Количество видов и вариететов рачкового зоопланктона	5	5	11	11	11	9	8	7	7	15
Доля коловраток в видовом разнообразии зоопланктона, %	67	71	58	52	39	55	55	70	61	52
Индекс Q <sub>в/т</sub>	7	7	4	3	3	6	6	7	5	2,5
Доля видов-индикаторов загрязненных вод, %	75	69	62	58	57	60	63	65	61	51
Индекс сапробности Пантле и Букка	1,94	1,89	1,65	1,63	1,73	1,65	1,70	1,75	1,63	1,52

Наибольшее количество видов обнаружено в озере Сетен, выбранном в качестве водоема сравнения. При этом общее количество видов при увеличении антропогенной нагрузки на водоемы снижается в 1,2-1,94 раза. Наибольшие значения индекса видового разнообразия отмечаются для озера Сетен, наименьшие – для озер, подверженных антропогенному прессу. При этом величины индекса снижаются в 1,2-1,6 раза. В видовом разнообразии зоопланктона озер доля коловраток, как правило, превышает 50% (за исключением озера Волотовского 1). В озере сравнения (Сетен) их доля составляет 51%, увеличиваясь в 1,5 раза в наиболее загрязненных озерах. При этом количество видов рачкового зоопланктона в этих озерах снижается в 3 раза по сравнению с озером Сетен.

Установлено, что количество доминирующих видов зоопланктона сокращается при увеличении антропогенной нагрузки на озера. Число доминирующих видов в зоопланктоне

озера Сетен максимально и равно 5. На остальных озерах число таких видов снижается в 1,25-2,5 раза, и здесь доминируют 2-3 вида. Снижение количества доминирующих видов в зоопланктоне озер, подверженных влиянию сточных вод, отмечается в течении всего периода исследований, что отражает значительную антропогенную нагрузку на них.

Большая часть обнаруженных видов зоопланктона (80%) является индикаторами загрязнения воды, среди них 53% – показатели загрязненных условий. Особое внимание следует уделить массовым видам, которые характерны для вод, имеющих повышенную трофность – *Brachionus budapestinensis*, *Br. diversicornis*. Индекс сапробности по среднегодовым данным (1,52-1,94) характеризует воду всех исследуемых озер как «умеренно загрязненную».

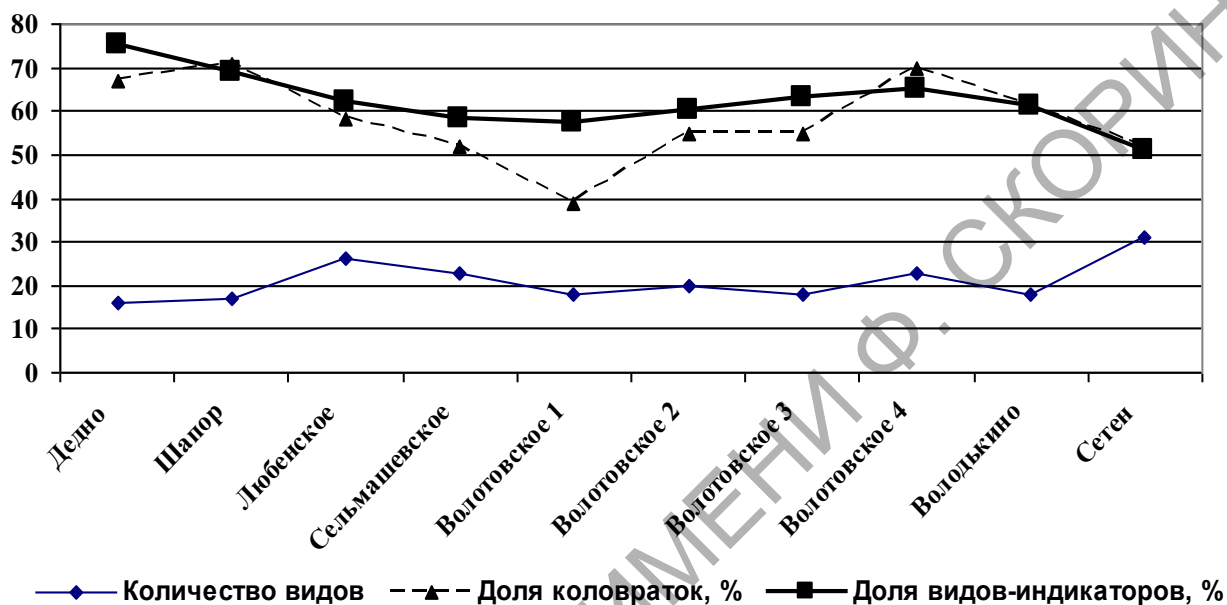


Рисунок 1 – Изменение некоторых характеристик зоопланктона в озерах

Однако в отдельные периоды исследований вода озер Шапор и Дедно относится к категориям «загрязненная» и «грязная».

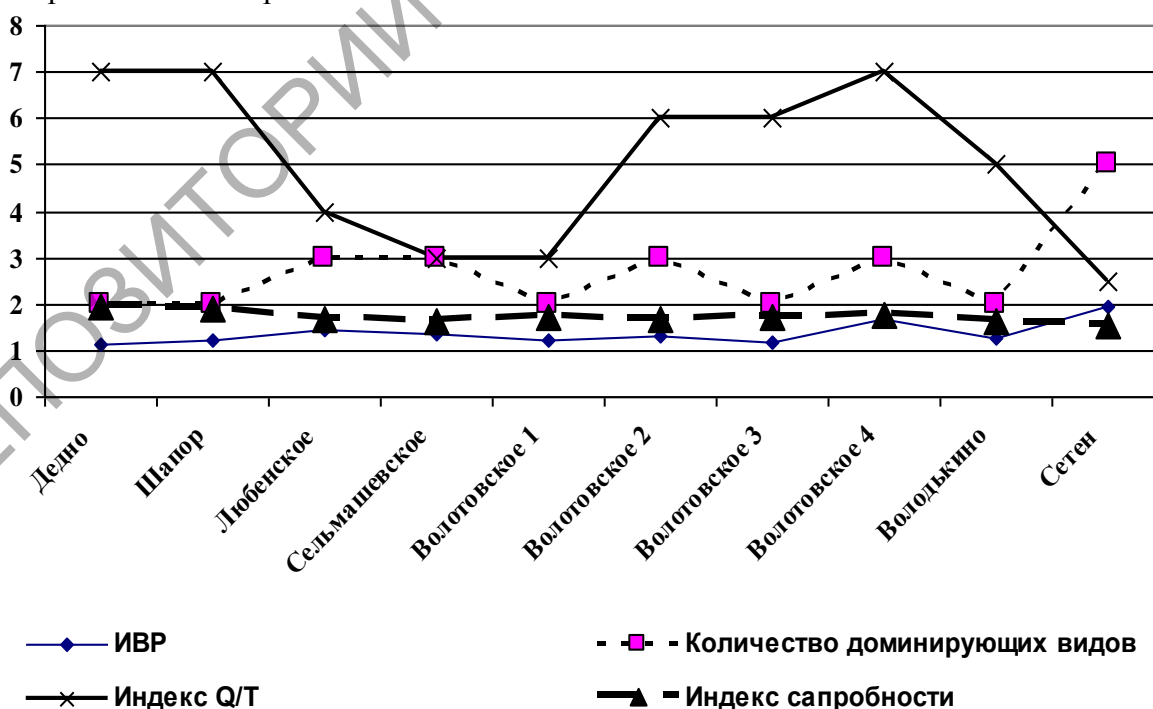


Рисунок 2 – Изменение некоторых характеристик зоопланктона в озерах

Таким образом, в озерах, подверженных выраженному антропогенному воздействию, наблюдается перестройка структуры сообществ зоопланктона – снижение биоразнообразия, индексов видового разнообразия, сокращение количества доминирующих видов, возрастание доли видов-индикаторов загрязнения. имеет место увеличение индекса сапробности.

На двух водоемах, где исследования проведены в летний период, фитопланктон представлен 29 и 22 видами и внутривидовыми таксонами из разных отделов водорослей, при этом, преобладают диатомовые (48,0 и 33,3 %) и зеленые (44,0 и 44,4 %) водоросли, есть представители синезеленых, эвгленовых, динофитовых. Зоопланктон данных водоемов отличается при их попарном сравнении (таблица 4). В водоеме, имеющем рекреационное использование, общее разнообразие зоопланктона (19 видов и вариантов) в 2 раза выше такового пойменного водоема (9), есть различия в структуре сообществ – в первом водоеме преобладают коловратки, что, вероятно, находится во взаимосвязи с рекреационным воздействием. Во втором водоеме преобладают клadoцеры. Установлены различия в количественных показателях – плотности и биомассе зоопланктона. В озере, расположенном в городском микрорайоне, плотность зоопланктона в 10 раз больше, а биомасса наоборот, в 5,7 раза меньше. Последнее определяется размерной структурой зоопланктона. Имеются различия в структуре зоопланктона по плотности и биомассе. В

Таблица 4 – Структурные показатели зоопланктона двух разнопитных водных объектов, лето 2007 г.

Показатели	Водоемы	
	В пойме р. Сож (место стоянки катеров)	В микрорайоне «Волотова»
Общее количество видов зоопланктона, в т.ч.	9	19
коловратки	3	12
клатоцеры	4	5
копеподы	2	2
Соотношение групп зоопланктона, %		
коловратки	25,0	63,0
клатоцеры	62,5	26,0
копеподы	12,5	11,0
Плотность зоопланктона, экз./л	0,040	0,409
Соотношение групп зоопланктона по плотности, %		
коловратки	50,0	8,3
клатоцеры	0	0
копеподы		
Биомасса зоопланктона, мг/м <sup>3</sup> , в т.ч.	8,01	1,41
коловратки	0,010	0,860
клатоцеры	8,000	0,550
копеподы	0	0
Соотношение групп зоопланктона по биомассе, %		
коловратки	0,1	61,0
клатоцеры	99,9	39,0
копеподы	0	0

водоемах имеются доминирующие виды: в водоеме в микрорайоне «Волотова» – *Polyarthra dolichoptera* (29,3%), в водоеме в пойме Сожа – *Cephalodella sp.* (50%).

Кроме таксономической структуры, нами анализировалась трофическая и функциональная структура изучаемых сообществ. Количество видов фитопланктона (продуценты –



первый трофический уровень) больше такового зоопланктона в 1,2 и 2,9 раза. Соотношение числа видов второго трофического уровня – консументов первого порядка и третьего трофического уровня – консументов 2-го порядка в рекреационном водоеме микрорайона «Волотова» равно 5,3, в пойменном водоеме – 2,0. Соотношение плотности 2-х приведенных трофических уровней зоопланктона показывает, что в первом водоеме плотность фильтраторов и седиментаторов больше по сравнению с плотностью хищного зоопланктона в 11,0 раз, а во втором водоеме – в 3,0 раза. Соотношение биомассы фильтраторов, седиментаторов и биомассы хищных планктонных животных иное, чем по плотности, и составляет 0,03 и 1,9, что отражает различия в размерной структуре зоопланктона данных водных экосистем. В целом, планктонные сообщества двух разнотипных водоемов в летний период 2007 г. характеризуются умеренным разнообразием, наличием эврибионтных видов, относительно невысокими величинами плотности и биомассы, присутствием доминирующих видов.

**Abstract.** The quality of water, variety and structure of planctonic communities of polytypic reservoirs of town zone are considered in the paper.

### Литература

1. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
2. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the continental waters of the world / Coordinating editor H.J.F. Dumont: Copepoda: Cyclopoida. Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops / by Ulrich Finsb. Amsterdam: SPB Academic Publishing. – 1996. – 84 p.
3. Guides to the identification of the Microinvertebrates of the continental waters of the world / Coordinating editor H.J.F. Dumont: Cladocera. the Chydoridae and Sayciinae (Chydoridae) of the world / by N.N. Smimov. – Amsterdam: SPB Academic Publishing. – 1996. – 197 p.

Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины

Поступило 28.02.08